

电厂热动系统节能优化策略

张明柱

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 331100

摘要: 热动系统是火电机组热能转换与动力输出的核心载体, 系统运行状态直接决定电厂整体能源利用水平。本文结合热动系统架构组成与循环运行特征, 梳理机组运行过程中能耗偏高的各类诱因, 涵盖设备工况失衡、循环参数不合理、管路换热损耗及调控模式滞后等多个方面。结合热力循环运行机理, 从参数精细化调整、辅机设备优化、管路损耗管控、余热梯级利用等维度制定专项节能技术路径, 搭配运行调度、设备运维、智能调控及操作规范等长效管控方式, 全方位改善机组能耗运行状态, 提升火电机组能源利用效率。

关键词: 火电厂; 热动系统; 热力循环; 能耗损耗; 节能优化

引言: 电力生产行业持续推进能效提质升级, 火电机组需要在保障供电稳定的前提下, 持续压缩无效能源损耗, 适配行业节能发展趋势。热动系统依靠闭合热力循环完成能量转化, 运行环节存在多维度、常态化的能耗损耗问题, 长期制约机组能效提升。粗放的运行调控模式、老旧的设备工况、不合理的参数匹配方式, 都会加剧热力资源浪费, 拉高机组整体能耗水平。依托热力运行规律优化系统运行模式, 搭建贴合机组实际工况的节能体系, 能够有效削减各类能耗损耗, 推动火电生产向高效、低碳、集约的方向转型。

1 电厂热动系统整体运行架构与运行特征

1.1 热动系统整体组成与工作原理

电厂热动系统是火力发电生产体系的核心载体, 承担热能转换、能量传递与动力输出的关键职能, 支撑机组持续稳定运转。整套系统由锅炉设备、汽轮机设备、凝汽设备、回热设备及各类辅助管路装置构成, 各结构单元分工明确, 共同完成热能向机械能、电能的逐级转化。设备运转依托热力循环机制推进, 通过燃料燃烧释放热能, 加热水体形成高温高压蒸汽。蒸汽携带能量进入汽轮机内部, 推动转子完成机械做功, 实现热能到机械动能的转化。膨胀做功结束后的低温蒸汽进入凝汽设备完成冷凝处理, 恢复水体形态后重新输送至锅炉内部, 形成闭合循环流程^[1]。整套循环流程持续往复, 构成电厂热能动力生产的基础运行原理。

1.2 热动系统各子系统运行联动逻辑

热动系统包含多个独立子系统, 各子系统依托固定运行流程相互配合, 形成完整的热力生产体系。锅炉燃烧产热子系统负责热源生成, 为整套装置提供稳定的能量输入, 是机组运转的基础前提。汽轮做功子系统承接蒸汽能量, 完成核心动力转化, 决定机组发电产出水

平。冷凝与回热子系统负责做功完成后的循环介质的回收与温度调控, 改善介质循环品质, 减少能量无效损耗。辅机输送子系统承担介质输送、压力调节、工况稳压等辅助工作, 保障主系统工况平稳。各子系统保持紧密关联, 单一子系统工况波动会传导至整套设备, 改变整体热力循环状态, 形成相互制约、相互支撑的联动关系。

1.3 机组常规运行状态下的运行特性

电厂热动机组常规运行阶段保持连续化、常态化的生产状态, 运行过程呈现稳定可控的工况特征。整套系统依托闭合热力循环持续运转, 介质状态、设备负荷与运行参数维持相对平稳的变化节奏。系统运行对外部工况变化具备一定适配能力, 可根据生产需求微调运行参数, 适配不同的生产负荷需求。热力传递与能量转换过程存在固定损耗规律, 能量损耗贯穿循环全过程, 属于机组常态运行的固有属性。设备长期连续运转会让部件工况逐步趋于稳定, 运行波动幅度保持在可控范围。掌握机组常规运行特性, 能够为后续系统能耗管控与运行优化提供扎实的基础依据。

2 电厂热动系统能耗偏高的主要诱因

2.1 系统设备工况匹配失衡引发的能耗损耗

电厂热动系统依靠主辅设备相互配合完成热力循环, 设备之间的工况适配程度, 直接影响机组能源利用的整体水平。机组实际运行过程中, 负荷状态会随生产需求产生波动, 主设备运行状态随之调整, 但配套辅机运行状态难以同步适配动态负荷变化。主设备处于低负荷运行区间时, 辅机仍旧保持常规运行强度, 出力配比出现明显偏差, 产生不必要的能源消耗。不同设备的投入时间、损耗程度、运行性能存在差异, 老旧设备运行效率出现衰减, 和全新设备的运行参数难以协调统一。

设备组合工况失衡会持续滋生无效能耗,降低热力循环的转化效率,抬高系统整体的能耗基数^[2]。

2.2 热力循环运行参数匹配不合理问题

热力循环全过程的参数状态,决定热能转化与利用的实际效率。机组日常运行中,蒸汽温度、蒸汽压力、循环介质流量等关键参数,时常偏离最优运行区间。固定的参数设置模式无法适配多变的机组负荷状态,动态生产场景下的参数调节不够灵活。回热装置温度配比不够精准,凝汽装置真空参数管控精度不足,打乱热力循环的平衡状态,加剧能量损耗的产生。各类参数搭配不协调,会打乱循环流程的稳定节奏,弱化热能转化效果,造成热力资源持续浪费。

2.3 管路与换热设备热能损耗成因

介质输送管路与各类换热设备是热动系统热能交换与传输的核心载体,也是热能损耗的主要部位。长期持续运行会让管路外层保温结构出现老化、破损、脱落等病害,高温介质携带的热能会通过结构破损位置向外界散失。管路阀门、弯头、对接缝隙等构造薄弱位置,保温密闭性能偏弱,形成持续性的热能外泄通道。换热设备内壁长期堆积污垢与杂质,会缩小有效换热面积,弱化介质间的热量交换能力。换热结构老化、换热工况衰减,会让大量热能无法参与动力转化,大幅增加系统热能损耗总量。

2.4 系统运行调控模式滞后造成的能耗浪费

传统热动系统运行调控模式偏向粗放化,管控思维较为固化,适配现代节能运行的能力偏弱。现场调控工作多依托传统操作经验开展,动态调节逻辑较为匮乏,难以根据设备实时工况灵活优化运行方式。日常管控重点集中在机组安全稳定运行,对能耗细节的管控力度较为薄弱,各类细微能耗隐患长期积累。现有调控流程精细化程度不足,操作标准相对宽泛,不合理的运行工况难以得到及时整改。陈旧的调控体系无法充分挖掘系统节能潜力,让机组长期处于高能耗运行状态,限制热动系统节能提质的推进空间。

3 电厂热动系统专项节能优化技术路径

3.1 热力循环系统参数精细化优化方式

热力循环的运行品质直接决定机组热能转化效率,参数精细化调整可以从循环本源减少各类无效能耗。传统机组多采用固定参数运行模式,难以适配负荷波动带来的工况变化,容易造成热能利用不充分。结合机组不同负荷区间的运行规律,对蒸汽压力、蒸汽温度、循环水流量等关键运行参数进行细化调整,建立分级别的参数控制标准。针对低负荷、变负荷等特殊生产工况,调

整回热系统各级温度梯度,优化给水预热效果,提升介质吸热稳定性。调整凝汽系统运行控制逻辑,维持合理的真空工况,削弱末端循环能耗损失^[3]。精细化的参数管控能够适配动态负荷变化,从热力循环源头削减无效能耗支出。

3.2 换热及辅机设备运行优化技术

换热设备与各类辅机构成热动系统的辅助运行体系,设备运行状态偏差会持续增加机组能耗负担。换热设备长期运行容易滋生内壁结垢、换热面污染等问题,大幅削弱热量交换效率。建立常态化设备清洁养护机制,定期清理换热结构附着杂质,恢复设备原始换热性能。结合主设备运行负荷变化,合理调整换热设备启停时段与运行出力,规避低效空转带来的能源浪费。辅机设备依据主设备运行工况调整工作强度,优化设备出力配比,弱化机组运行适配偏差。针对性的设备改造与运行调整,可有效解决主辅设备运行不匹配引发的能耗问题。

3.3 热动管路输热损耗抑制优化手段

热力管路承担高温介质输送任务,保温失效、结构缺陷是热能损耗的主要诱因。长期运行环境会让管路保温材料出现老化、开裂、脱落等问题,大幅降低结构隔热能力。全面排查全厂热力管路保温状态,更换性能衰减的保温材料,选用适配高温工况的隔热结构,提升管路整体保温性能。针对管路弯头、阀门、接口缝隙等薄弱点位,开展专项密封加固处理,封堵热能外泄通道。规整管路整体布设格局,削减多余弯折路段,缩短介质输送行程,减少热能在输送过程的自然散失。系统化的管路整改与养护方式,可最大程度抑制介质输送环节的热能损耗。

3.4 余热回收与二次利用优化方案

热动系统生产流程会产生大量低温余热资源,有效挖掘余热利用价值可以降低外源热能消耗。结合机组整体运行流程,梳理各工序余热排放点位,明确不同区域余热的温度区间与释放特征。优化余热回收装置布设位置,拉近设备与余热源头的距离,提升余热收集的覆盖范围与采集效率。改造余热换热结构,让回收的余热资源作用于给水加热、设备预热等生产环节,融入热力循环体系。结合机组负荷变化调整余热利用分配方式,合理调配余热用量,适配不同工况的生产需求。梯级化的余热利用方式,能够充分盘活废弃热能资源,压缩机组整体能耗空间。

4 电厂热动系统长效节能运行管控优化

4.1 热动系统运行调度模式优化

电厂热动系统长期运行的节能效果,离不开科学合

理的运行调度体系支撑。传统调度方式偏向固定化流程安排,多以保障机组稳定产出为首要目标,对不同负荷阶段的能耗差异缺少细化考量。粗放的调度安排容易造成部分设备长期处于低效运行区间,造成能源利用率偏低的问题。结合机组日常启停规律、负荷波动特征与热力循环运行特性,重新梳理整套热动系统的调度逻辑。根据用电负荷峰谷变化调整机组运行组合,合理规划设备启停时序与运行时长,规避机组长期低负荷滞留运行的状态。细化不同生产时段的调度方案,针对稳定负荷、波动负荷等不同工况制定差异化调度策略,让机组运行状态贴合实际生产需求^[4]。科学的调度规划能够平衡机组运行负荷分布,减少无效能耗积累,为长效节能运行提供流程支撑。

4.2 设备常态化运维养护优化方式

热动系统主辅设备、换热装置与输送管路的运行状态,直接决定系统能耗控制水平。常规运维养护多以故障检修为主要模式,预防性养护力度不足,设备性能衰减问题难以得到及时干预。长期累积的结构老化、部件磨损、管路积垢等问题,会逐步降低设备运行效率,持续增加能耗支出。搭建常态化、周期性的运维养护体系,转变事后维修的被动管控模式,推进前置性养护排查工作。针对锅炉、汽轮机、换热器、输送管路等关键设备,制定分层次的养护周期,细化清洁、检测、调校、更换等养护内容。定期检查设备运行工况、结构密封性与换热性能,及时处理性能衰减、部件老化、工况偏移等隐性问题。稳定的运维节奏可以持续维持设备最优运行状态,延缓设备性能衰退速度,从设备层面稳固节能运行基础。

4.3 系统智能调控与运行适配升级

传统人工调控模式依赖操作人员经验积累,调控精度有限,对细微工况变化的响应力度不足,难以适配精细化节能管控需求。引入智能化调控手段,能够提升热动系统工况调整的精准度与灵敏性,弱化人工操作带来的管控偏差。依托智能感知与数据处理技术,实时采集机组热力参数、设备工况、介质状态等运行信息,实现系统工况的动态监测。结合热力循环运行规律搭建智能调控逻辑,依据负荷变化自主微调运行参数,优化系统工况适配程度。升级系统数据分析与工况预警能力,及时捕捉参数偏移、设备低效运行等隐患,提前完成工况

修正。智能化升级可以提升整套系统的动态适配能力,持续缩小能耗管控偏差,实现工况与能耗的精细化管控。

4.4 岗位运行操作标准化管控升级

人员操作规范性是影响热动系统能耗水平的重要软性因素,不标准的操作流程会打乱热力循环平衡,诱发不必要的能源损耗。现有岗位操作流程存在内容宽泛、细节模糊、标准不统一的问题,不同人员的操作习惯存在差异,造成机组运行工况波动幅度偏大。结合热动系统节能运行需求,全面梳理各岗位操作流程,细化机组启停、参数调整、设备切换、工况调控等关键操作内容。统一全岗位操作标准,明确不同工况下的操作规范、调控范围与执行要点,减少人为操作带来的工况偏差。搭建规范化的日常管控体系,强化岗位操作执行力度,引导人员按照节能标准开展日常作业。标准化的岗位管控能够稳定机组运行品质,减少人为因素引发的能耗浪费,筑牢热动系统长效节能运行的管理根基^[5]。

结束语

火电机组热动系统的能耗损耗贯穿热力循环、设备运行、介质输送全过程,能耗问题由设备、参数、运维、调控等多重因素共同引发。针对性完善热力参数调控标准、优化设备运行工况、抑制管路换热损耗、盘活余热资源,可以有效降低系统无效能耗支出。标准化的运维养护、智能化的工况适配、规范化的岗位操作,能够持续稳固节能改造成效。多维度技术优化与长效管理机制相互配合,可切实提升热动系统运行经济性,夯实火电厂节能提质的运行基础。

参考文献

- [1]李沛霖.火电厂热动系统节能优化策略解析[J].电力设备管理,2023(2):221-223.
- [2]杨勇.电厂热动系统节能优化策略的研究[J].石化技术,2023,30(11):243-244.
- [3]田海波.瓦斯电厂热动系统运行优化策略研究[J].电力系统装备,2025(6):120-122.
- [4]安文彬,程龙,马文杰,等.火电厂热动系统的节能优化方案研究[J].现代工业经济和信息化,2025,15(3):192-193,234.
- [5]陈文智.火电厂热动系统的节能优化与减排策略[J].大众用电,2025,40(2):33-34.